



# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 15 JAN. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
**page 1/2**

**BR1**

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 210502

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>29 JAN 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0300983</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>29 JAN. 2003</b> PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  <b>CABINET PLASSERAUD</b>  <b>84, rue d'Amsterdam</b> <b>75440 PARIS CEDEX 09</b>	
<b>Vos références pour ce dossier</b> <i>(facultatif)</i> <b>BLO/FC-BFF020428</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i>		N° _____ Date _____	
<i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  <b>PROCEDE ET DISPOSITIF DE RECEPTION D'UN SIGNAL RADIO</b>			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>	
Nom ou dénomination sociale		NORTEL NETWORKS LIMITED	
Prénoms			
Forme juridique			
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Domicile ou siège	Rue	2351 Boulevard Alfred Nobel St.LAURENT, QUEBEC H4S 2A9 CANADA	
	Code postal et ville	_____	
	Pays	CANADA Canadienne	
Nationalité			
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		N° de télécopie <i>(facultatif)</i>	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			
<input type="checkbox"/> S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»			

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2



REMISE DES PIÈCES	
DATE	29 JAN 2003
LIEU	75 INPI PARIS
N° D'ENREGISTREMENT	0300983
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI	

DB 540 W / 210502

<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>		BLO/FC-BFF020428
Nom		
Prénom		
Cabinet ou Société		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		Cabinet PLASSERAUD
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	84, rue d'Amsterdam
	Pays	
N° de téléphone (facultatif)		75009 PARIS
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): AG <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/>
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/>
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Bertrand LOISEL CPI n° 940311		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. ROCHET

## PROCEDE ET DISPOSITIF DE RECEPTION D'UN SIGNAL RADIO

La présente invention concerne les techniques de radiocommunication numérique utilisant un accès multiple à répartition par codes (CDMA, « Code-Division Multiple Access »).

- 5           Un signal CDMA traité par un récepteur a pour expression, après filtrage et transposition en bande de base :

$$y(t) = \sum_{u=1}^U y^u(t) + n(t) \quad (1)$$

où  $n(t)$  est un bruit additif et  $U$  est le nombre de canaux multiplexés sur la porteuse CDMA, dont les contributions  $y^u(t)$  ont pour expression générale :

10           
$$y^u(t) = \sum_i b_i^u \cdot s_i^u(t - iT) \quad (2)$$

où :

- $b_i^u$  est le symbole d'information de rang  $i$  transmis sur le  $u$ -ième canal ;
  - $s_i^u(t)$  est un code généralisé donné par la convolution de la réponse impulsionnelle du  $u$ -ième canal avec la portion correspondant au symbole
- 15            $b_i^u$  du code d'étalement  $c^u$  affecté au canal.

Le nombre  $U$  correspond aux nombres d'utilisateurs si chaque utilisateur considéré dispose d'un seul canal. Il peut toutefois y avoir plusieurs canaux par utilisateur.

- 20           Les codes d'étalement  $c^u$  sont des séquences d'échantillons discrets appelés « chips », à valeurs réelles ( $\pm 1$ ) ou complexes ( $\pm 1 \pm j$ ), ayant une cadence de chips donnée. Les symboles  $b_i^u$  sont également à valeurs réelles ( $\pm 1$ ) ou complexes ( $\pm 1 \pm j$ ). La durée d'un symbole sur un canal est un multiple de la durée du chip, le rapport entre les deux étant le facteur d'étalement  $Q$  du canal.

- 25           Dans certains systèmes, le facteur d'étalement peut varier d'un canal à un autre. Dans un tel cas, on considère un facteur d'étalement commun  $Q$  égal

au plus grand commun diviseur (PGCD) des  $U$  facteurs d'étalement  $Q^u$ . Un symbole sur le canal  $u$  est alors considéré comme la concaténation de  $Q^u/Q$  symboles consécutifs  $b_i^u$  dont les valeurs sont identiques.

La durée de la réponse généralisée  $s_i^u(t)$  correspond à  $Q+W-1$  chips si  $W$  désigne la longueur de la réponse impulsionnelle exprimée en nombre de chips.

En échantillonnant à la cadence des chips le signal CDMA  $y(t)$  reçu pour un bloc de  $n$  symboles sur chacun des canaux, le récepteur obtient des échantillons complexes qu'on peut modéliser par un vecteur  $Y$  de  $n \times Q+W-1$  composantes :

$$Y = A.b + N \quad (3)$$

où :

- $b$  désigne un vecteur-colonne de taille  $n \times U$ , qu'on peut décomposer en  $b^T = (b_1^T, b_2^T, \dots, b_n^T)$ ,  $(.)^T$  représentant l'opération de transposition, les vecteurs  $b_i$  étant de taille  $U$  pour  $1 \leq i \leq n$ , avec  $b_i^T = (b_i^1, b_i^2, \dots, b_i^U)$  ;
- $N$  est un vecteur de bruit aléatoire de taille  $n \times Q+W-1$  ;
- $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$  est une matrice de codes généralisés de taille  $(n \times Q+W-1) \times (n \times U)$  qu'on peut subdiviser en  $n$  sous-matrices  $A_i$  de taille  $(n \times Q+W-1) \times U$ . Dans la matrice  $A_i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) la  $u$ -ième colonne ( $1 \leq u \leq U$ ) est une convolution de la réponse impulsionnelle du  $u$ -ième canal et des  $Q$  échantillons du code d'étalement du  $u$ -ième canal correspondant au  $i$ -ième symbole du bloc.

En d'autres termes, les matrices  $A_i$  s'écrivent :

$$A_i = (\Omega_i^1, \Omega_i^2, \dots, \Omega_i^U) \quad (4)$$

25 avec :  $\Omega_i^u = M_i^u . H_i^u \quad (5)$

où  $M_i^u$  est une matrice de Toeplitz de taille  $(n \times Q+W-1) \times (n \times Q+W-Q)$  obtenue

à partir des valeurs  $c_i^u(q)$  des chips du code d'étalement  $c^u$  du u-ième canal pendant la durée du i-ième bit du bloc :

$$M_i^u = \begin{pmatrix} c_i^u(1) & 0 & \dots & 0 \\ c_i^u(2) & c_i^u(1) & \ddots & \vdots \\ & c_i^u(2) & \ddots & 0 \\ c_i^u(Q) & & \ddots & c_i^u(1) \\ 0 & c_i^u(Q) & & c_i^u(2) \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & c_i^u(Q) \end{pmatrix} \quad (6)$$

et  $H_i^u$  est un vecteur-colonne de taille  $(n-1) \times Q + W$  qui, lorsque les U canaux sont reçus de façon synchronisée, contient  $(i-1) \times Q$  composantes à zéro, suivies par les W échantillons de la réponse impulsionnelle du u-ième canal relative au i-ième symbole  $b_i^u$ , suivies par  $(n-i) \times Q$  autres composantes à zéro. Les décalages temporels de réception selon les différents canaux, en nombres de chips, se traduisent par des décalages correspondants des W échantillons de la réponse impulsionnelle des canaux le long du vecteur  $H_i^u$ .

Le récepteur le plus couramment utilisé, dit récepteur en râteau ou "rake", utilise un ou plusieurs filtres adaptés pour estimer la valeur des symboles transmis sur chaque canal à partir d'une estimation de la réponse impulsionnelle du canal selon un ou plusieurs trajets de propagation.

L'opération effectuée par de tels récepteurs revient à effectuer le produit matriciel :

$$Z = \hat{A}^* \cdot Y \quad (7)$$

où  $\hat{A}^*$  est la transposée conjuguée d'une estimation  $\hat{A} = (\hat{A}_1, \hat{A}_2, \dots, \hat{A}_n)$  de la matrice A, les matrices  $\hat{A}_i$  découlant des réponses impulsionnelles estimées en appliquant les relations (4) et (5).

Les  $n \times U$  composantes  $Z_i^u$  du vecteur Z sont des estimations souples respectives des  $n \times U$  symboles  $b_i^u$  du vecteur b. Si les décodages effectués en

aval admettent des estimations souples en entrée, on peut utiliser directement les composantes du vecteur  $Z$ . Sinon, le signe de ces composantes est pris pour former les estimations dures des symboles.

Le récepteur à filtre adapté est optimal lorsque les codes généralisés (vecteurs  $\Omega_i^u$ ) sont orthogonaux deux à deux, c'est-à-dire lorsque la matrice de corrélation  $R = A^* \cdot A$  est diagonale. En général, les systèmes adoptent des codes d'étalement orthogonaux deux à deux et ayant de bonnes propriétés d'autocorrélation, ce qui permet de vérifier cette condition en première approximation.

Toutefois, lorsqu'on prend en compte la réponse impulsionnelle du canal, la condition d'orthogonalité n'est plus remplie. L'approximation ci-dessus devient mauvaise particulièrement en présence de trajets multiples de propagation.

Certains récepteurs corrigent a posteriori les estimations souples des symboles issues du récepteur à filtres adaptés en tenant compte de l'interférence entre les utilisateurs et/ou de l'interférence entre symboles sur un même canal, ce qui améliore sensiblement les performances. Une telle méthode, basée sur un algorithme dit MFPIC ("Matched Filter Parallel Interference Cancellation"), est décrite dans WO 01/99301. Elle a pour avantage de ne pas trop accroître la complexité globale des calculs par rapport au récepteur "rake" traditionnel. Cependant, ces corrections a posteriori font suite à une optimisation du système (3) reposant sur l'approximation ci-dessus.

Cet algorithme MFPIC appartient à la classe des algorithmes de détection multi-utilisateurs (MUD, "Multi-User Detection") qui offrent de meilleures performances que le simple récepteur à filtres adaptés. Il existe dans cette classe des algorithmes plus précis que le MFPIC, en ce qu'ils peuvent prendre en compte des termes de la matrice  $R$  plus éloignés de sa diagonale.

Un bon exemple d'algorithme MUD utilisable dans un tel contexte est l'algorithme SDP décrit dans l'article de M. Abdi, et al., "Semidefinite Positive Relaxation of the Maximum-Likelihood Criterion Applied to Multiuser Detection



in a CDMA Context", IEEE Signal Processing Letters, Vol. 9, No. 6, juin 2002, pp. 165-167.

Les meilleures performances de ces algorithmes MUD sont obtenues au prix d'une complexité fortement augmentée. En général, leur complexité est  
5 plus que linéaire en la taille  $n \times U$  du problème à résoudre, ce qui les rend très coûteux en comparaison avec des récepteurs plus classiques tels que le "rake" ou le MFPIC.

Un but de la présente invention est de trouver un bon compromis entre les performances et la complexité d'un récepteur CDMA.

10 L'invention propose ainsi un procédé de traitement d'un signal reçu par l'intermédiaire d'une interface radio, comportant des contributions de plusieurs canaux multiplexés par des codes d'étalement respectifs. Ce procédé comprend les étapes suivantes:

- /a/ estimer des paramètres de réponse des canaux multiplexés;
- 15 /b/ calculer des estimations souples de symboles transmis sur les canaux multiplexés, en fonction du signal reçu et des paramètres de réponse estimés;
- /c/ répartir les symboles dont des estimations souples viennent d'être calculées entre un premier ensemble de symboles vérifiant un critère de confiance appliqué auxdites estimations souples et un second ensemble de symboles ne vérifiant pas le critère de confiance;
- 20 /d/ déterminer un signal modifié en retranchant du signal soumis au précédent calcul d'estimations souples des contributions estimées correspondant respectivement aux symboles du premier ensemble; et
- 25 /e/ calculer de nouvelles estimations souples des symboles du second ensemble seulement, en fonction du signal modifié et des paramètres de réponse estimés.

Les symboles pour lesquels le premier calcul procure des estimations suffisamment fiables ne sont plus à estimer dans le second calcul. Leur  
30 contribution au signal est retranchée pour prendre en compte l'interférence qu'ils engendrent pour les autres symboles.

On peut employer divers algorithmes de détection pour les calculs



successifs d'estimations souples.

Dans une réalisation préférée du procédé, l'étape /e/ est exécutée selon un algorithme de détection de nature plus complexe que l'étape /b/, notamment selon un algorithme de détection multi-utilisateurs. Le procédé  
5 profite alors des performances d'un algorithme complexe de type MUD, mais en appliquant celui-ci à un problème de taille plus petite que celui faisant l'objet du premier calcul.

Le procédé permet ainsi de réaliser un compromis entre la performance de la détection des symboles et la complexité des calculs requis.  
10 Dans la conception ou la configuration du récepteur, on peut privilégier la performance ou la complexité dans ce compromis, par un réglage approprié du critère de confiance employé.

Il est d'autre part possible de réitérer une fois ou plus la séquence des étapes /c/ à /e/. Le nombre plus ou moins grand d'itérations et/ou la sévérité du  
15 critère de confiance appliqué à chaque itération (ce critère de confiance peut varier d'une itération à la suivante) sont des paramètres qui peuvent aussi être réglés en fonction du compromis performances/complexité recherché.

Un autre aspect de la présente invention se rapporte à un dispositif de traitement d'un signal reçu par l'intermédiaire d'une interface radio, comportant  
20 des contributions de plusieurs canaux multiplexés par des codes d'étalement respectifs. Ce dispositif comprend des moyens d'estimation de paramètres de réponse des canaux multiplexés, des premiers moyens de calcul d'estimations souples de symboles transmis sur les canaux multiplexés, en fonction du signal reçu et des paramètres de réponse estimés, des moyens de répartition des  
25 symboles entre un premier ensemble de symboles vérifiant un critère de confiance appliqué aux estimations souples produites par les premiers moyens de calcul et un second ensemble de symboles ne vérifiant pas le critère de confiance, des moyens de détermination d'un signal modifié en retranchant du signal reçu des contributions estimées correspondant respectivement aux  
30 symboles du premier ensemble, et des seconds moyens de calcul de nouvelles estimations souples des symboles du second ensemble seulement, en fonction du signal modifié et des paramètres de réponse estimés.

Un tel dispositif peut notamment être incorporé à une station de base d'un système de radiocommunication CDMA.

Lorsque plusieurs itérations sont prévues, le dispositif comprend en outre des seconds moyens de répartition des symboles du second ensemble entre un premier sous-ensemble de symboles vérifiant un second critère de confiance appliqué aux estimations souples produites par les seconds moyens de calcul et un second sous-ensemble de symboles ne vérifiant pas le second critère de confiance, des moyens de détermination d'un second signal modifié en retranchant du signal modifié qui a été soumis aux seconds moyens de calcul des contributions estimées correspondant respectivement aux symboles du premier sous-ensemble, et des troisièmes moyens de calcul de nouvelles estimations souples des symboles du second sous-ensemble seulement, en fonction du second signal modifié et des paramètres de réponse estimés.

Un autre aspect de la présente invention se rapporte à un programme d'ordinateur à installer dans un récepteur de radiocommunication, le programme comprenant des instructions pour mettre en œuvre un procédé tel que défini ci-dessus lors d'une exécution du programme par une unité de traitement de signal du récepteur.

D'autres particularités et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description ci-après d'exemples de réalisation non limitatifs, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma synoptique d'un exemple de dispositif de réception selon l'invention ; et
- la figure 2 est un organigramme d'un exemple de procédé selon l'invention.

Le dispositif représenté sur la figure 1 fait partie de l'étage de réception d'une station de radiocommunication apte à communiquer avec plusieurs stations distantes 1.

Les canaux montants utilisés par ces stations distantes 1 sont multiplexés par la technique CDMA, de sorte que le signal radio capté par l'antenne 2, ramené en bande de base, peut être représenté sous la forme

(1)-(2), pour  $U$  canaux multiplexés en provenance de  $V$  stations ( $1 \leq V \leq U$ ).

La station incorporant le dispositif est par exemple une station de base d'un système de radiocommunication cellulaire de troisième génération de type UMTS (« Universal Mobile Telecommunication System »).

5 Sur la figure 1, l'unité 3 représente schématiquement les modules effectuant de façon classique les pré-traitements de réception du signal (amplification, filtrages, conversion en bande de base, échantillonnage à la fréquence des chips). Cette unité 3 délivre des blocs  $Y$  de  $n \times Q + W - 1$  échantillons, correspondant à des blocs de  $n$  symboles émis simultanément sur  
 10 les  $U$  canaux. Si les blocs de  $n$  symboles se succèdent sans interruption sur les canaux, il y a un recouvrement de  $W$  échantillons (chips) entre les blocs  $Y$  successifs, correspondant à la durée de la réponse impulsionnelle.

Les blocs de signal reçu  $Y$  sont fournis à un module 4 qui estime les réponses impulsionnelles  $\hat{H}_i^u$  des  $U$  canaux CDMA multiplexés, à l'aide de  
 15 corrélations avec les codes d'étalement produits par un générateur de codes pseudo-aléatoires 5 ( $1 \leq u \leq U$ ,  $1 \leq i \leq n$ ). Le module 6 estime alors la matrice  $\hat{A}$  des codes généralisés selon (4) et (5), c'est-à-dire que sa  $[(i-1) \times U + u]$ -ième colonne est donnée par  $\hat{\Omega}_i^u = M_i^u \cdot \hat{H}_i^u$ .

A l'aide des paramètres de la matrice  $\hat{A}$ , un premier calcul  
 20 d'estimations souples est appliqué au bloc  $Y$ . Dans l'exemple représenté, ce premier calcul est opéré par les modules 7 à 9 selon l'algorithme MFPIIC décrit dans WO 01/99301. Le module 7 effectue une détection classique de type "rake" sur chaque canal, selon la relation (7) ci-dessus. Il produit des premières estimations souples  $Z_i^u$  des symboles transmis  $b_i^u$ . Ces premières estimations  
 25  $Z_i^u$  pourraient être utilisées directement, mais on améliore leur représentativité en les affinant dans le module 8, qui applique la correction prévue dans l'algorithme MFPIIC pour tenir compte de l'interférence inter-symboles et/ou entre utilisateurs. Dans le cas où les symboles transmis sont des bits, cette correction s'exprime par:

$$sf_i^u = Z_i^u - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \hat{R}_{i,j}^{u,u} \cdot \text{sgn}(Z_j^u) - \sum_{\substack{v=1 \\ v \neq u}}^U \sum_{j=1}^n \hat{R}_{i,j}^{u,v} \cdot \text{sgn}(Z_j^v) \quad (8)$$

où  $\text{sgn}(\cdot)$  désigne la fonction signe à valeurs dans  $\{-1, +1\}$  et  $\hat{R}_{i,j}^{u,v}$  désigne le terme situé à la  $[(i-1) \times U + u]$ -ième ligne et à la  $[(j-1) \times U + v]$ -ième colonne de la matrice de corrélation  $\hat{R} = \hat{A}^* \cdot \hat{A}$  calculée par le module 9.

5 Le premier terme soustrait dans (8) correspond à de l'interférence inter-symboles sur le  $u$ -ième canal tandis que le second terme soustrait correspond à de l'interférence entre canaux. Les estimations  $sf_i^u$  produites par le module 8 sont des approximations des "softbits", à un coefficient multiplicatif  $4/\sigma^2$  près,  $\sigma$  désignant la puissance du bruit additif capté, dont une estimation est  
10 classiquement rendue disponible par le module de sondage 4. Le signe de  $sf_i^u$  forme une estimation dure du bit  $b_i^u$ , tandis que sa valeur absolue mesure la vraisemblance de cette estimation.

Selon l'invention, ces estimations souples  $sf_i^u$  sont examinées par un module 10 de manière à identifier un ensemble  $F$  de symboles dont les  
15 estimations sont considérées comme les plus fiables.

A titre d'exemple, le module 10 trie les estimations  $sf_i^u$  dans l'ordre des valeurs absolues décroissantes et place dans l'ensemble  $F$  les  $K\%$  des symboles dont les estimations sont classées les premières. Une autre possibilité est de placer dans l'ensemble  $F$  les symboles dont les estimations  
20  $sf_i^u$  ont une valeur absolue supérieure à un seuil de confiance  $\rho$  qui peut être pris proportionnel à  $4/\sigma^2$ . Le seuil  $\rho$  ou le pourcentage  $K$  peut être rendu adaptatif, par exemple en fonction du rapport signal-sur-bruit observé par le récepteur.

Pour les symboles de l'ensemble  $F$  ainsi déterminé, le dsipositif  
25 délivrera les estimations souples  $sf_i^u$  produites par le module 8 ou des



estimations dures  $\hat{b}_i^u$  constituées par leurs signes, selon les besoins des circuits de traitement situés en aval.

Les symboles qui ne font pas partie de cet ensemble vont faire l'objet d'un second calcul d'estimations souples qui utilise de préférence un  
5 algorithme MUD.

Les colonnes de la matrice des codes généralisés  $\hat{A}$  sont triées par un module 11. Chaque colonne  $\hat{\Omega}_i^u$  associée à un symbole de l'ensemble F est extraite de  $\hat{A}$  pour être multipliée par l'estimation dure  $\hat{b}_i^u$  de ce symbole (multiplieur 12), ce qui donne une estimation de la contribution de l'interférence  
10 causée par ce symbole sur les autres. Cette contribution  $\hat{b}_i^u \cdot \hat{\Omega}_i^u$  est soustraite du vecteur Y représentant le signal d'entrée par le soustracteur 13. Une telle soustraction est effectuée pour chaque symbole de l'ensemble F:

$$Y' = Y - \sum_{(i,u) \in F} \hat{b}_i^u \cdot \hat{\Omega}_i^u \quad (9)$$

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{u=1}^U b_i^u \cdot \Omega_i^u + N - \sum_{(i,u) \in F} \hat{b}_i^u \cdot \hat{\Omega}_i^u \quad (10)$$

$$\approx \sum_{(i,u) \notin F} \hat{b}_i^u \cdot \hat{\Omega}_i^u + N \quad (11)$$

La relation (11) montre que la prise en compte de des contributions des symboles bien estimés réduit la taille du système à traiter de  $n \times U$  à  $n \times U - \text{card}(F)$ . La réduction de taille est très appréciable si suffisamment de symboles ont pu être bien estimés lors de la première passe. Ceci facilite le  
20 recours à un algorithme de nature plus complexe pour la seconde estimation des symboles restants, notamment à un algorithme MUD.

Cette seconde estimation est effectuée par le module de détection 14 de la figure 1, auquel est soumis le signal modifié Y'. Chaque vecteur colonne  $\hat{\Omega}_i^u$  avec  $(i,u) \in F$  est enlevé de la matrice  $\hat{A}$  par le module 11 pour former une  
25 matrice de codes généralisés réduite d'après laquelle le module 15 obtient la matrice de corrélation réduite  $\hat{R} = \hat{A}^* \cdot \hat{A}$ . Le vecteur Y' et les matrices réduites

$\hat{A}$  et  $\hat{R}$  constituent les données d'entrée de l'algorithme MUD mis en œuvre par le module 14, qui est par exemple l'algorithme SDP précédemment cité.

Les estimations souples  $sf_i^u$  (ou dures) produites par le module MUD 14 sont finalement combinées aux estimations déterminées de manière suffisamment fiable par l'algorithme MFPIC au cours de la première passe, pour reconstituer l'ensemble des données démodulées.

Les estimations souples  $sf_i^u$  produites par ce module MUD 14 peuvent aussi faire l'objet d'un tri entre estimations fiables et estimations peu fiables, ces dernières faisant alors l'objet d'un nouveau calcul d'estimations. Ce processus de tri et de réestimation peut être réitéré un certain nombre de fois. Un tel procédure itérative est illustrée par la figure 2.

Les deux premières étapes 20 et 21, préalables aux itérations, consistent en l'estimation classique des réponses des canaux et des codes généralisés  $\hat{\Omega}_i^u$  (opérations des modules 4 et 6 de la figure 1). A l'étape 22, l'ensemble E des symboles à estimer au cours de la prochaine itération est initialisé au produit cartésien  $\{1,2,\dots,n\} \times \{1,2,\dots,U\}$  correspondant à la totalité des symboles transmis au titre du bloc courant sur les canaux à traiter.

Dans chaque itération, la première étape 23 consiste à assembler les vecteurs colonne  $\hat{\Omega}_i^u$  associés aux symboles de l'ensemble E pour former la matrice de codes  $\hat{A}$  qui sera utilisée pour la détection suivante, et à calculer la matrice de corrélation  $\hat{R} = \hat{A}^* \cdot \hat{A}$ . La détection est opérée à l'étape suivante 24 sur la base du bloc Y à l'aide des matrices  $\hat{A}$  et  $\hat{R}$ . A titre d'exemple, l'algorithme employé à l'étape 24 est le MFPIC dans la première itération et le SDP dans chaque itération suivante.

Les estimations souples obtenues à l'étape 24 sont soumises au critère de confiance pour construire, à l'étape 25, l'ensemble F des index (i,u) des symboles les plus fiables, qui sont par exemple les index (i,u) de l'ensemble E tels que  $|sf_i^u| \geq \rho$ .

Si toutes les estimations sont jugées suffisamment fiables ( $F = E$  lors du test 26), la procédure de détection est terminée et les estimations souples  $sf_i^u$  qui ont été calculées peuvent être délivrées à l'étape 27. Le seuil  $\rho$  peut varier au fur et à mesure des itérations. Il peut notamment décroître pour rendre le critère de confiance de moins en moins sévère. Pour limiter la procédure à un nombre maximum  $X$  d'itérations, on peut fixer  $\rho = 0$  pour la  $X$ -ième itération.

Si certaines estimations sont insuffisamment fiables ( $F \neq E$  au test 26), les estimations dures  $\hat{b}_i^u$  des symboles de  $F$  sont déterminées à l'étape 28.

Les contributions estimées  $\hat{b}_i^u \cdot \hat{\Omega}_i^u$  de ces symboles sont soustraites du bloc  $Y$  à l'étape 29 (opération des modules 12 et 13 de la figure 1). Pour initialiser l'itération suivante, l'ensemble  $E$  des symboles à estimer est mis à jour à l'étape 30 en lui retirant les symboles correctement estimés de l'ensemble  $F$ .

Une procédure comme celle illustrée par la figure 2 peut être mise en œuvre en programmant un processeur de traitement de signaux numériques prévu dans le récepteur radio.



## REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement d'un signal (Y) reçu par l'intermédiaire d'une interface radio, comportant des contributions de plusieurs canaux multiplexés par des codes d'étalement respectifs, ce procédé comprenant les étapes  
5 suivantes:
  - /a/ estimer des paramètres de réponse des canaux multiplexés;
  - /b/ calculer des estimations souples de symboles transmis sur les canaux multiplexés, en fonction du signal reçu et des paramètres de réponse estimés;
  - 10 /c/ répartir les symboles dont des estimations souples viennent d'être calculées entre un premier ensemble de symboles vérifiant un critère de confiance appliqué auxdites estimations souples et un second ensemble de symboles ne vérifiant pas le critère de confiance;
  - /d/ déterminer un signal modifié en retranchant du signal soumis au  
15 précédent calcul d'estimations souples des contributions estimées correspondant respectivement aux symboles du premier ensemble; et
  - /e/ calculer de nouvelles estimations souples des symboles du second ensemble seulement, en fonction du signal modifié et des paramètres de réponse estimés.
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape /e/ est exécutée selon un algorithme de détection de nature plus complexe que l'étape /b/.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape /e/ est exécutée selon un algorithme de détection multi-utilisateurs.
- 25 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on réitère au moins une fois la séquence des étapes /c/ à /e/.
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le critère de confiance varie d'une itération de la séquence des étapes /c/ à /e/ à la suivante.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le critère de confiance est exprimé comme une proportion des estimations souples les plus faibles.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le critère de confiance est exprimé comme un seuil de confiance à atteindre par les estimations souples des symboles.
8. Dispositif de traitement d'un signal (Y) reçu par l'intermédiaire d'une interface radio, comportant des contributions de plusieurs canaux multiplexés par des codes d'étalement respectifs, ce dispositif comprenant des moyens (4-6) d'estimation de paramètres de réponse des canaux multiplexés, des premiers moyens (7-9) de calcul d'estimations souples de symboles transmis sur les canaux multiplexés, en fonction du signal reçu et des paramètres de réponse estimés, des moyens (10) de répartition des symboles entre un premier ensemble de symboles vérifiant un critère de confiance appliqué aux estimations souples produites par les premiers moyens de calcul et un second ensemble de symboles ne vérifiant pas le critère de confiance, des moyens (12-13) de détermination d'un signal modifié (Y') en retranchant du signal reçu des contributions estimées correspondant respectivement aux symboles du premier ensemble, et des seconds moyens (14) de calcul de nouvelles estimations souples des symboles du second ensemble seulement, en fonction du signal modifié et des paramètres de réponse estimés.
9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel les seconds moyens de calcul (14) sont agencés pour appliquer un algorithme de détection de nature plus complexe que les premiers moyens de calcul (7-9).
10. Dispositif selon la revendication 8 ou 9, dans lequel les seconds moyens de calcul (14) sont agencés pour appliquer un algorithme de détection multi-utilisateurs.
11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, comprenant en outre des seconds moyens de répartition des symboles du second ensemble entre un premier sous-ensemble de symboles vérifiant un

- second critère de confiance appliqué aux estimations souples produites par les seconds moyens de calcul et un second sous-ensemble de symboles ne vérifiant pas le second critère de confiance, des moyens de détermination d'un second signal modifié en retranchant du signal modifié qui a été soumis aux
- 5 seconds moyens de calcul des contributions estimées correspondant respectivement aux symboles du premier sous-ensemble, et des troisièmes moyens de calcul de nouvelles estimations souples des symboles du second sous-ensemble seulement, en fonction du second signal modifié et des paramètres de réponse estimés.
- 10 12. Programme d'ordinateur à installer dans un récepteur de radiocommunication, le programme comprenant des instructions pour mettre en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 lors d'une exécution du programme par une unité de traitement de signal du récepteur.

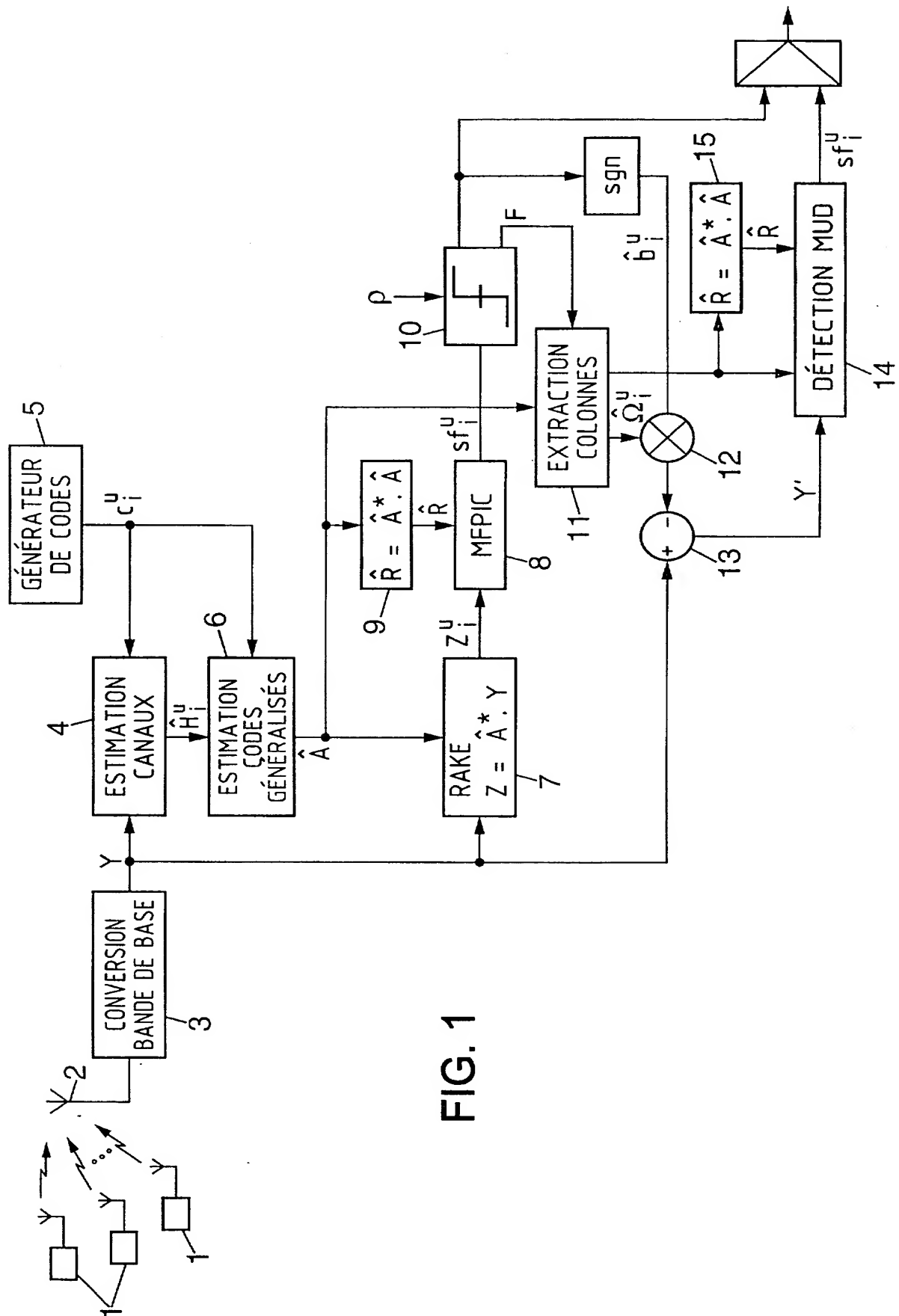


FIG. 1

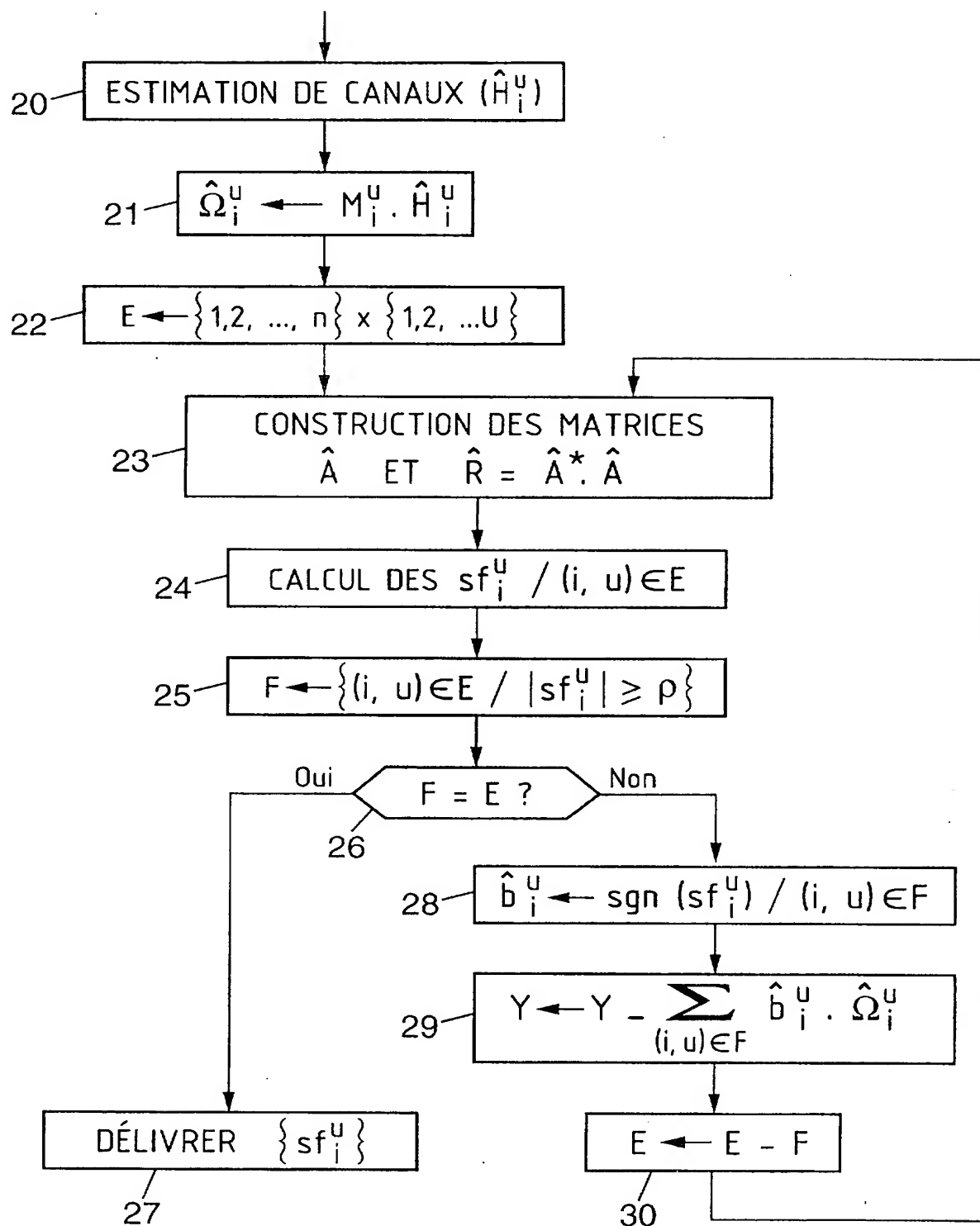


FIG. 2

reçue le 05/03/03

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 1. / 2.

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270501

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>			
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		BLO/FC-BFF020428 0300383	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>			
PROCEDE ET DISPOSITIF DE RECEPTION D'UN SIGNAL RADIO			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>			
NORTEL NETWORKS LIMITED			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>			
<b>1</b> Nom			
Prénoms		ABDI Moussa	
Adresse	Rue	106 rue Balard 75015 PARIS FRANCE	
	Code postal et ville	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>2</b> Nom			
Prénoms		JARD Alexandre	
Adresse	Rue	121 rue Gambetta 92150 SURESNES FRANCE	
	Code postal et ville	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			
<b>3</b> Nom			
Prénoms		EL NAHAS EL HOMSI Hassan	
Adresse	Rue	83 rue Desnouettes 75015 PARIS FRANCE	
	Code postal et ville	[ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ]	
Société d'appartenance (facultatif)			
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		Le 29 janvier 2003  <b>CABINET PLASSERAUD</b>  Bertrand LOISEL  CPI n° 940311	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2/2

(À fournir dans le cas où les demandeurs et les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 270601

Vos références pour ce dossier (facultatif)			
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		BLO/FC-BFF020428 0300983	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
PROCEDE ET DISPOSITIF DE RECEPTION D'UN SIGNAL RADIO			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
NORTEL NETWORKS LIMITED			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :			
1 Nom			
Prénoms		CORBEL Jean-Marc	
Adresse	Rue	14 rue Nélaton	
	Code postal et ville	75015 PARIS FRANCE	
Société d'appartenance (facultatif)			
2 Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
3 Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Le 29 janvier 2003  CABINET PLASSERAUD  Bertrand LOISEL  CPI n° 940311	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**